

8. Поправки в законодательстве защитят детей от кибербуллинга и троллинга [Электронный ресурс] / Звезда.by: сетевое издание. — Режим доступа: <http://zviazda.by/ru/news/20190214/1550136198-popravki-v-zakonodatelstve-zashchityat-detey-ot-kiberbullinga-i-trollinga>. — Дата доступа: 03.04.2020.

9. POMOGUT.BY — безопасность детей в Сети [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://kids.pomogut.by/>. — Дата доступа: 04.04.2020.

10. Безопасный Интернет для каждого ребенка [Электронный ресурс] // Представительство Детского Фонда ООН (ЮНИСЕФ) в Республике Беларусь: официальный сайт. — Режим доступа: <https://www.unicef.by/bezopasnyj-internet/>. — Дата доступа: 04.04.2020.

УДК 796.015

**Ю. В. Воронович**

*старший преподаватель кафедры прикладной физической  
и тактико-специальной подготовки Могилевского института МВД*

**А. И. Каранкевич**

*заместитель начальника кафедры прикладной физической  
и тактико-специальной подготовки Могилевского института МВД,  
кандидат педагогических наук*

**А. Е. Покатилов**

*старший преподаватель кафедры прикладной механики  
и инженерной графики Могилевского государственного  
университета продовольствия*

**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ОБОБЩЕННЫХ КООРДИНАТ  
БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ  
УДАРНОЙ ТЕХНИКИ (на примере прямого удара ногой)**

**POSSIBILITIES OF USING GENERALIZED COORDINATES  
OF THE BIOMECHANICAL SYSTEM  
FOR EVALUATING SPECIFIC TYPES  
OF IMPACT TECHNIQUE (for example, direct kick)**

*Аннотация. В статье представлены возможности использования обобщенных координат биомеханической системы, позволяющих давать объективную оценку техники выполнения отдельных видов ударов в условиях образовательного и учебно-тренировочного процессов курсантов учреждений образова-*

ния Министерства внутренних дел Республики Беларусь. Представленная методика может быть доступна к широкому применению и в исследовательских целях за счет объективности и простоты использования.

**Ключевые слова:** биомеханический анализ, видеосъемка, спортивная техника, кинематические характеристики, оптические методы регистрации движений.

**Annotation.** The article presents the possibilities of using the generalized coordinates of the biomechanical system, allowing to give an objective assessment of the technique for performing certain types of gifts in the context of the educational and educational processes of cadets of educational institutions of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus. The presented methodology can be available for widespread use and for research purposes due to accessibility, objectivity and ease of use.

**Keywords:** biomechanical analysis, video shooting, sport technique, kinematic characteristics, recording of sports momentes.

Результаты пролонгированных исследований по изучению проблем оценивания специальной навыко-двигательной подготовленности обучающихся в рамках образовательного и учебно-тренировочного процессов, проведенных сотрудниками кафедры прикладной физической и тактико-специальной подготовки Могилевского института МВД, указывают на необходимость получения объективных данных промежуточного, текущего и итогового контролей курсантов в целях своевременной корректировки техники для эффективного формирования профессионально важных умений и навыков. Вместе с тем следует отметить, что в качестве основных методов оценки степени этой подготовленности продолжают оставаться субъективные методы — наблюдения и экспертной оценки [1–5]. В связи с этим в рамках представленной статьи нами показаны возможности решения данной проблемы на основе использования обобщенных координат биомеханической системы для оценивания отдельных видов ударной техники [6–9].

Одним из важнейших этапов биомеханического анализа целенаправленного движения является получение обобщенных координат биомеханической системы (далее — БМС) во время выполнения спортивного упражнения [10]. Именно этот этап и дает возможность по результатам измерений в натурном эксперименте провести вычислительный эксперимент на ПЭВМ и количественно оценить технику упражнения в целом и технику конкретного спортсмена в частности, то есть на основании объективных данных [11; 12].

Несмотря на многообразие существующих методов получения координат человеческого тела и разработанных для этого методик и программно-аппаратного обеспечения, не все они доступны рядовому исследователю. Это связано как с ценой, так и со спецификой применяемого

оборудования и методов работы с ним. Кроме стоимости, проблема заключается в необходимости наличия специалистов в разных областях биомеханики, программирования, компьютерной техники, видеозаписи, а также наличия подходящих помещений [13].

С другой стороны, существуют методы, доступные к широкому применению как в исследовательских, так и в учебно-тренировочных целях. На сегодняшний день стало нормой использовать видеокамеры, фирменные и собственной разработки компьютерные программы, и сами компьютеры для выполнения натурального и вычислительного эксперимента. По всем трем указанным компонентам имеется широкий выбор по характеристикам. При этом дополнительно возникают следующие проблемы [14]:

- необходимость разработки методов и методик проведения натурального эксперимента;
- необходимость разработки механико-математических моделей целенаправленного движения спортсмена на кинематическом и динамическом уровнях;
- необходимость разработки методов и проведения контроля точности, достоверности и адекватности полученных результатов.

В данной работе рассмотрим теоретические основы разработки методов получения обобщенных координат БМС в натурном эксперименте и выбора формы механо-математических моделей движения спортсмена.

Необходимо осмыслить тот факт, что даже в тех видах спорта и конкретных упражнениях, где спортсмен совершает плоско-параллельное движение, то есть движение в одной плоскости, это движение из-за пространственного характера опорно-двигательного аппарата все же полностью плоским не является. По крайней мере, во многих случаях.

На рисунке 1 представлена схема БМС, а также принятое обозначение и положение плоскостей и осей, связанных с человеческим телом.

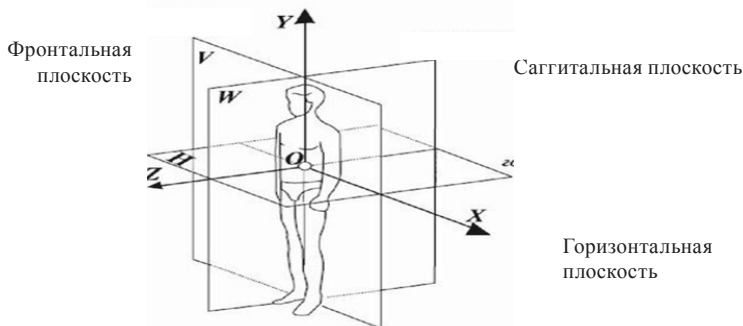


Рисунок 1 — Оси и плоскости тела человека

На рисунке 1, кроме плоскостей, указаны оси декартовой прямоугольной координатной системы.

На рисунке 2 отдельно показаны все три плоскости, принятые в анатомии человеческого тела: аксиальная, фронтальная и сагиттальная.

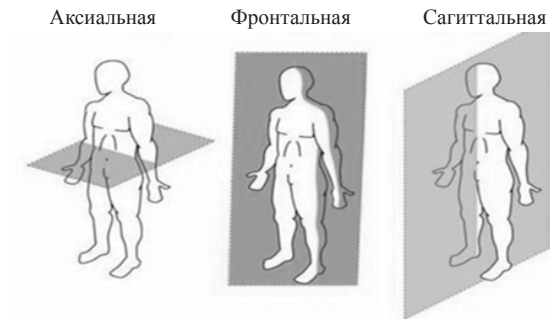


Рисунок 2 — Плоскости тела человека в отдельности

Отметим следующий момент: в областях промышленности, которые или имеют дело, или их развитие в значительной степени базируется на знании анатомии человеческого тела, устанавливаются термины и определения, касающиеся конкретной области человеческой деятельности. Но эти же термины и определения полностью подходят и для применения при исследовании локомоций в биомеханике.

Так, рисунок 3 соответствует национальному стандарту РФ ГОСТ Р ЕН 1005-1-2008 «Безопасность машин. Физические возможности человека. Часть 1. Термины и определения».

На рисунке 3 показана правая система координат, применяемая в робототехнике. На рисунке 2 дано обозначение вращательных движений по ГОСТу 30097-93 «Роботы промышленные. Системы координат и направления движений». Данный стандарт является международным и распространяется на Республику Беларусь.

В ГОСТе 30097-93 указано, что система координат должна соответствовать правилу правой руки.

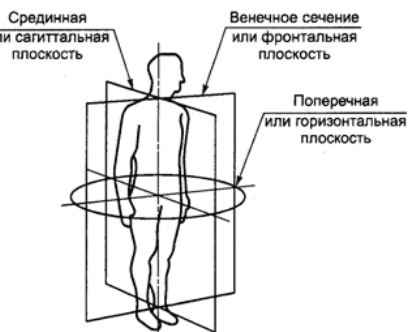


Рисунок 3 — Плоскости по национальному стандарту РФ ГОСТ Р ЕН 1005-1-2008

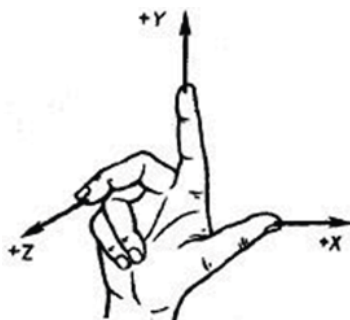


Рисунок 4 Б — Обозначения вращательных движений

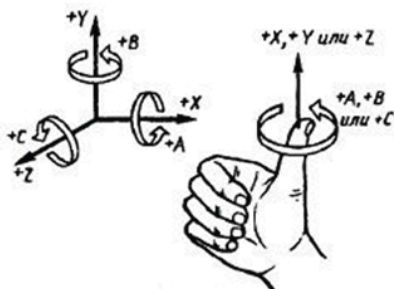


Рисунок 4 А — Правая система координат

Таким образом, констатируем, что:

– в общем случае анатомически движение человека описывается в 3 плоскостях: аксиальной, фронтальной и сагиттальной (рис. 4 А, 4 Б); это движение пространственное;

– в робототехнике есть общепринятые правила, термины и определения для систем координат и направления движений (рис. 4 А и 4 Б); так как основой робототехники является воспроизведение некоторых функций человека, то данные правила можно применить и при биомеханическом анализе локомоций спортсмена.

Следующим важным моментом разработки общих принципов биомеханического анализа является выбор кинематических параметров, описывающих пространственное движение звеньев биомеханической системы. Все виды самых сложных локомоций биомеханической системы являются следствием простых вращательных движений звеньев в проксимальных суставах. В биомеханике это случай движения твердого тела около неподвижной точки. Для его описания предложены такие параметры, как:

- параметры Родрига-Гамельтона;
- параметры Кейли-Клейна;
- углы Эйлера-Крылова;
- направляющие косинусы.

В каждом случае имеются как положительные стороны, так и проблемные моменты в случае применения параметров для решения конкретных задач.

В данной работе не ставится цель дать полный обзор методов описания пространственного движения вместе с анализом их достоинств и недостатков. Мы используем только один наиболее рациональный способ, с нашей точки зрения, для исследования техники тяжелоатлетических

упражнений. Для этого надо выбрать один из способов задания координат. Классификация пространственных координатных систем достаточно обширна, и выбор конкретной системы зависит от области применения, поставленной задачи, возможностей исследователя и пр. Предварительный анализ задачи показал перспективность использования сферической системы координат, представленной на рисунке 5.

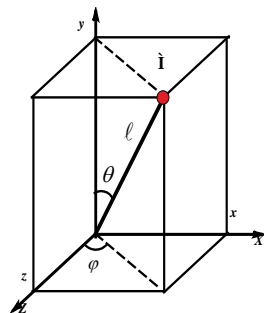


Рисунок 5 — Сферические и декартовы координаты точки

Сферическая система координат — это трехмерная координатная система, в ней положение каждой точки в пространстве определяется 3 числами ( $l$ ,  $\theta$ ,  $\varphi$ ). Здесь  $r$  — расстояние от точки до начала координат (радиальное расстояние), а  $\theta$  и  $\varphi$  — зенитный и азимутальный углы соответственно.

Для задач биомеханики радиальное расстояние  $r$  — это длина звена.

Для тройки чисел ( $l$ ,  $\theta$ ,  $\varphi$ ), определяющих положение точки  $M$  в сферической системе координат, в общем случае имеем:

- $l \geq 0$  — расстояние от начала координат до заданной точки  $M$ ; для биомеханического анализа имеем  $l > 0$ , т. е. всегда выполняется условие, что  $l \neq 0$  и  $l = \text{const}$ , так как это размеры звена, сегмента и пр. (кость и т. д.) биомеханической системы;
- $0 \leq \theta \leq 180^\circ$  — угол между осью  $Y$  и отрезком, соединяющего начало координат и точку  $M$ ;
- $0 \leq \varphi \leq 360^\circ$  — угол между осью  $x$  и проекцией отрезка, соединяющим начало координат с точкой  $M$ , на плоскость  $XZ$ .

Угол  $\theta$  называется зенитным, полярным или наклоном, а угол  $\varphi$  — азимутальным. Согласно стандарту ISO 31-11, азимутальный угол  $\varphi$  не определен при  $\sin \varphi = 0$  (при  $\theta = 0$  или  $\theta = 180^\circ$ ). Укажем, что также возможно вместо зенитного угла  $\theta$  использование угла между радиус-вектором точки  $M$  и плоскостью  $xz$ , который равен  $90^\circ - \theta$ . Угол называется широтой и может быть обозначен такой же буквой  $\theta$ .

Отметим, что при расшифровке видеоизображений исследователь имеет дело с проекциями звеньев БМС в декартовой системе координат. Поэтому нам необходимо установить связь между декартовой координатной системой и сферическими координатами спортсмена. С учетом обозначений, принятых нами в биомеханическом анализе (рис. 5), переход к декартовым координатам осуществляется по следующим формулам:

– при переходе от сферических координат ( $l$ ,  $\theta$ ,  $\varphi$ ) к декартовым (рис. 5):

$$\begin{aligned}x &= \ell \sin \theta \sin \varphi, \\y &= \ell \cos \theta, \\z &= \ell \sin \theta \cos \varphi.\end{aligned}$$

– при переходе от сферических координат  $(\ell, \theta, \varphi)$  к декартовым (рис. 5):

$$\begin{aligned}\ell &= \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \\ \theta &= \arccos\left(\frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{\sqrt{x^2 + z^2}}{y}\right), \\ \varphi &= \operatorname{arctg}\left(\frac{x}{z}\right).\end{aligned}$$

Для получения достоверных данных необходимо зафиксировать движение в 3 плоскостях согласно формулам: в аксиальной, фронтальной и сагиттальной. Во многих работах ограничиваются видеосъемкой только в сагиттальной плоскости, без учета движения звеньев БМС в других направлениях. Таким образом, устанавливаем, что для получения достоверных данных натурального эксперимента минимальное число видеокамер должно равняться 3 для фиксации движения в 3 плоскостях.

Таким образом, после установки в вертикальном положении видеокамеры № 1 получаем две координаты из трех: длину звена  $\ell$  и азимут  $\varphi$ . Остальные видеокамеры необходимо расположить таким образом, чтобы определить наклонение  $\theta$ .

Рассмотрим варианты расположения видеокамер № 2 и № 3. С точки зрения видеосъемки техники спортивного упражнения, необходимо фиксировать движение человека в сагиттальной плоскости, т. е. с помощью камеры № 2. Техника выполнения прямого удара ногой (рис. 6).

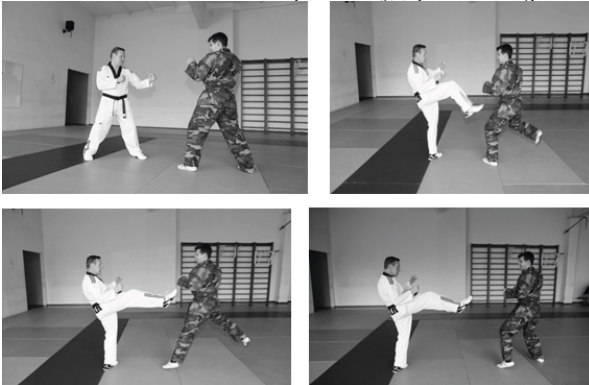


Рисунок 6 — Некоторые фазы выполнения прямого удара ногой

На рисунке 6 показано положение спортсмена в боковой проекции. Видеофиксация положения спортсмена по рисунку 6 осуществляется с видеокамеры № 2.

Видеофиксация движения с камеры № 2 в сагиттальной плоскости позволяет определить по результатам расшифровки кадра координату  $z$  для сферической системы координат.

Запишем решение уравнения относительно угла наклона  $\theta$ :

$$\theta = \arcsin\left(\frac{\ell}{z} \cos \varphi\right). \quad (1)$$

Таким образом, при использовании всего двух видеокамер (№ 1 и № 2) получаем сферические координаты  $(\ell, \theta, \varphi)$  любой точки БМС. В этом случае методика строится в порядке, показанном в таблице 1.

Таблица 1 — Методы получения сферических координат точки М

№ п/п	Название координаты	Обозначение	Метод получения
1	длина звена	$\ell$	– измерение и расчет геометрии масс
2	наклонение	$\theta$	– измерение проекции $z$ звена $\ell$ на сагиттальную ось; – расчет угла наклона $\theta$
3	азимут	$\varphi$	– измерение угла по видеокадрам вертикально установленной камеры № 1 (по проекции звена на горизонтальную плоскость)

Здесь же указаны методы получения сферических координат. Только этап определения угла наклона  $\theta$  является двухстадийным, при этом угол рассчитывается по косвенным данным, а не по прямым измерениям. Две другие координаты определяются сразу, в один шаг.

Но это взгляд с точки зрения математики. На самом деле при биомеханическом анализе возникают проблемы, не позволяющие методику определения сферических координат, указанную в таблице 1, принять за основную.

Поэтому с учетом задач биомеханического анализа на кинематическом уровне расчет угловых координат из уравнений 1 выглядит следующим образом:

$$\theta = \arcsin\left(\frac{x}{\ell \sin \varphi}\right), \quad (2)$$

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{x}{\ell \sin \theta}\right) \quad (3)$$



$$\theta = \arccos \frac{y}{\ell}, \quad (4)$$

$$\theta = \arcsin \left( \frac{z}{\ell \cos \varphi} \right), \quad (5)$$

$$\varphi = \arccos \left( \frac{z}{\ell \sin \theta} \right). \quad (6)$$

В зависимости от перекрытия в зоне видимости камеры каждого конкретного звена другими звеньями БМС выбираются необходимые формулы из системы уравнений (2–6).

Для расчета проекций звена  $x$ ,  $y$  и  $z$  на соответствующие оси декартовой координатной системы для вычислений по уравнениям 2–6 воспользуемся схемой звена и его проекциями по рисунку 7.

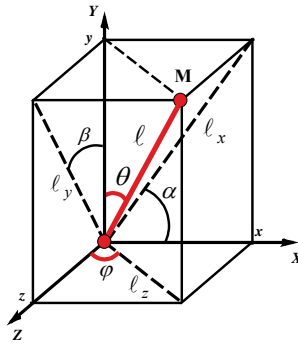


Рисунок 7 — Положение звена БМС в пространстве и его координаты

Запишем проекции звеньев на координатные оси:

$$x = \ell_x \cos \alpha, \quad (7)$$

$$x = \ell_z \sin \varphi, \quad (8)$$

$$y = \ell_y \cos \beta, \quad (9)$$

$$y = \ell_x \sin \alpha, \quad (10)$$

$$z = \ell_z \cos \varphi, \quad (11)$$

$$z = \ell_y \sin \beta. \quad (12)$$

Для данных уравнений необходимо предварительно измерить соответствующие проекции звена  $\ell_x$ ,  $\ell_y$ ,  $\ell_z$  и углы  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\varphi$  по результатам видеосъемки.

В связи с вышеизложенным появляется задача оценки минимально необходимого числа видеокамер и их сочетания между собой для определения всех угловых сферических координат.

В таблице 2 приведено возможное сочетание видеокамер, а также показаны сферические и декартовы координаты, которые определяются при таком расположении камер относительно спортсмена.

Таблица 2 — Сочетание видеокамер и определение координат

N п/п	Плоскости (номера видеокамер)	Координаты			
		сферические		декартовы	
		измерение	расчет	измерение	расчет
1	горизонтальная (№ 1);	$\varphi$	$\theta$	$\varphi; \ell_z$	$x, z;$
	сагиттальная (№ 2)	-		$\beta; \ell_y$	$y, z$
2	сагиттальная (№ 2);	-	$\varphi; \theta$	$\beta; \ell_y$	$y, z;$
	фронтальная (№ 3)	-		$\alpha; \ell_x$	$x, y$
3	горизонтальная (№ 1);	$\varphi$	$\theta$	$\varphi; \ell_z$	$x, z;$
	фронтальная (№ 3)	-		$\alpha; \ell_x$	$x, y$
4	горизонтальная (№ 1);	$\varphi$	$\theta$	$\varphi; \ell_z$	$x, z;$
	сагиттальная (№ 2);	-		$\beta; \ell_y$	$y, z;$
	фронтальная (№ 3)	-		$\alpha; \ell_x$	$x, y$

В таблице 2 показано, какие сферические координаты можно определить по проекциям звеньев на соответствующие оси.

Таблица 3 — Расчет сферических координат для разных сочетаний схем видеосъемки спортсмена

N п/п	Плоскости (номера видеокамер)	Координаты	
		измерение	расчет
1	горизонтальная (№ 1);	$\varphi$	$\varphi, \theta$ (по $x$ ); $\varphi, \theta$ (по $z$ ); $\theta$ (по $y$ ); $\varphi, \theta$ (по $z$ );
	сагиттальная (№ 2)	-	
2	сагиттальная (№ 2);	-	$\theta$ (по $y$ ); $\varphi, \theta$ (по $z$ ); $\theta$ (по $y$ )
	фронтальная (№ 3)	-	
3	горизонтальная (№ 1);	$\varphi$	$\varphi, \theta$ (по $x$ ); $\varphi, \theta$ (по $z$ ); $\theta$ (по $y$ )
	фронтальная (№ 3)	-	
4	горизонтальная (№ 1);	$\varphi$	$\varphi, \theta$ (по $x$ ); $\varphi, \theta$ (по $z$ ); $\theta$ (по $y$ ); $\varphi, \theta$ (по $z$ ); $\theta$ (по $y$ )
	сагиттальная (№ 2);	-	
	фронтальная (№ 3)	-	

Таким образом, по графе «расчет» таблицы 3 можно подобрать формулы для определения угловых сферических координат  $\varphi$  и  $\theta$  по соответствующим проекциям звена при его невидимости для одной из видеокамер в каждой схеме видеосъемки.

Отметим, что нами рассмотрена ситуация с минимальным числом видеокамер, равным 3. Их может быть больше в зависимости от поставленной исследовательской задачи. Например, при изучении движения левой и правой частей тела в отдельности камеры необходимо ставить с разных сторон от спортсмена. Также возможен вариант, когда камеры ставят под различными углами к фронтальной, горизонтальной и сагиттальной плоскостям. Но это уже дополнительные камеры, и они только помогают в определении сферических координат звеньев БМС. Критичным же является использование 3 камер по схемам, описанным выше.

### **Список основных источников**

1. Каранкевич, А. И. Особенности оценки сформированности навыков приемов самообороны / А. И. Каранкевич, В. Е. Костюкович // Проблемы борьбы с преступностью и подготовки кадров для органов внутренних дел Республики Беларусь : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 30 июня 2010 г. / М-во внутр. дел Респ. Беларусь, Акад. МВД ; под ред. В. Б. Шабанова. — Минск : Акад. МВД Респ. Беларусь, 2010. — С. 182–183.
2. Каранкевич, А. И. Проблемы качественной оценки показателей выполнения курсантами приемов по разделу «Самооборона» / А. И. Каранкевич, А. П. Немцев // Современный олимпийский спорт и спорт для всех : материалы XI Междунар. науч. конгр., Минск, 10–12 окт. 2007 г. В 4 ч. Ч. 4. Секция «Современные технологии спорта высших достижений в системе профессиональной подготовки сотрудников силовых структур» / редкол.: М. Е. Кобринский (гл. ред.) [и др.]. — Минск : БГУФК, 2007. — С. 52–56.
3. Каранкевич, А. И. Оценка техники выполнения болевых приемов самообороны на основе временных характеристик / А. И. Каранкевич, О. Ю. Королев // Проблемы борьбы с преступностью и подготовки кадров для органов внутренних дел Республики Беларусь : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Дню бел. науки, Минск, 25 янв. 2008 г. / М-во внутр. дел Респ. Беларусь, Акад. МВД. — Минск : Акад. МВД Респ. Беларусь, 2008. — С. 167–168.
4. Каранкевич, А. И. К вопросу об оценке двигательных ошибок при выполнении боевых приемов борьбы / А. И. Каранкевич, В. Е. Костюкович, В. Ю. Кривенков // Актуальные проблемы подготовки специалистов для органов внутренних дел : материалы Респ. науч.-практ. конф., Могилев, 20 мая 2011 г. / Учреждение образования «Могилевский высший колледж МВД Респ. Беларусь» ; редкол.: Е. Л. Лазакович [и др.]. — Минск : Акад. МВД, 2011. — С. 113–117.
5. Костюкович, В. Е. Методика оценки и контроля при выполнении болевых приемов задержания и сопровождения в обучении двигательным действиям / В. Е. Костюкович, В. Ю. Кривенков // Актуальные вопросы права, образования и психологии: сб. науч. тр. / М-во внутр. дел Респ. Беларусь, учреждение образования «Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь» ; редкол.: Ю. А. Матвейчев (отв. ред.) [и др.]. — Могилев : Могилев. институт МВД Респ. Беларусь, 2016. — С. 220–225.

6. Воронович, Ю. В. Биомеханика тяжелоатлетических упражнений : монография / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук, В. И. Загrevский ; М-во внутр. дел Респ. Беларусь, учреждение образования «Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь». — Могилев : Могилев. ин-т МВД, 2015. — 196 с.

7. Шалманов, А. А. Биомеханический контроль технической и скоростно-силовой подготовленности спортсменов в тяжелой атлетике / А. А. Шалманов, В. Ф. Скотников // Теория и практика физической культуры. — 2013. — № 2. — С. 103–106.

8. Воронович, Ю. В. Сравнительный биомеханический анализ кинематических показателей техники рывка в тяжелой атлетике / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук, В. И. Загrevский // Мир спорта. — 2012. — № 1 (46). — С. 47–52.

9. Воронович, Ю. В. Сравнительный биомеханический анализ пространственных показателей движения штанги в рывке у спортсменов высокой и средней спортивной квалификации / Ю. В. Воронович // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. — 2018. — № 5 (159). — С. 44–46.

10. Воронович Ю. В. Биомеханический анализ периода «Подсед» в тяжелоатлетическом упражнении «Рывок» в зависимости от массы спортивного снаряда / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. — 2017. — № 12 (154). — С. 59–63.

11. Воронович Ю. В., Лавшук Д. А. Совершенствование биомеханической структуры тяжелоатлетического упражнения «Рывок» [Электронный ресурс] // Физическое воспитание, спорт, физическая реабилитация и рекреация: перспективы и проблемы развития : материалы VI междунар. электрон. науч.-практ. конф., 20–21 мая 2016 г., Красноярск : электрон. сб. / под общ. ред. Т. Г. Арутюняна ; Сибир. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2016. — Режим доступа: <http://docplayer.ru/44160639-Fizicheskoe-vozpitanie-sport-fizicheskaya-reabilitaciya-i-rekreaciya-problemy-i-perspektivy-razvitiya.html>. — Дата доступа: 11.02.2020.

12. Воронович, Ю. В. Энергетические характеристики рывка в тяжелой атлетике / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук // Восток-Беларусь-Запад. Физическая культура, спорт, здоровый образ жизни в 21 веке : сб. науч. ст. 17 Междунар. симпозиума, Могилев, 11–13 дек. 2014 г. / МГУ им. А. А. Кулешова. — Могилев : МГУ им. А. А. Кулешова, 2015. — С 203–207.

13. Воронович, Ю. В. Сравнительный биомеханический анализ основных динамических характеристик техники рывка в тяжелой атлетике / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук, В. И. Загrevский // Мир спорта. — 2013. — № 1 (50). — С. 35–40.